



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift
DE 40 37 028 A 1

Int. Cl.⁵:
B 29 B 7/72
B 01 F 15/00

- 21** Aktenzeichen: P 40 37 028.3
22 Anmeldetag: 21. 11. 90
43 Offenlegungstag: 27. 5. 92

DE 40 37 028 A1

⑦ Anmelder:

**Verenigung zur Förderung des Instituts für
Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk
an der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule
Aachen eV, 5100 Aachen, DE**

⑦4 Vertreter:

Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Redies, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Schippan, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 4000
Düsseldorf

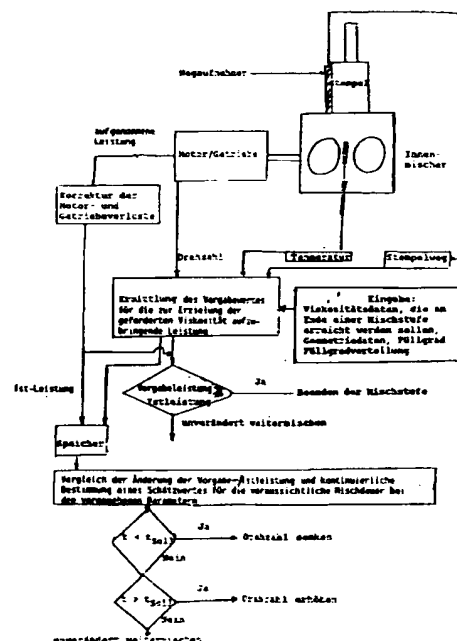
72 Erfinder:

Sunder, Joachim, 5100 Aachen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54) Verfahren zur Regelung des Mischprozesses von Polymermassen oder Polymermassengemischen in einem Innenmischer

- (57) Es wird ein Verfahren zur Regelung des Mischprozesses von Polymermassen in einem Innenmischer beschrieben, bei welchem die Parameter Masstemperatur, Mischerdrehzahl und Leistung kontinuierlich gemessen werden. Zur Einstellung der am Prozeßende gewünschten Viskosität innerhalb einer vorgegebenen Mischdauer ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß als weitere Parameter der jeweilige Stempelweg und eine die Knetergeometrie berücksichtigende Größe zur Ermittlung eines kontinuierlichen Vorgabewertes für die Leistung herangezogen werden, der jeweils zur Erzielung der geforderten Viskosität aufzubringen ist, und daß durch kontinuierlichen Vergleich des Vorgabewertes mit der Ist-Leistung ein Schätzwert für die voraussichtliche Mischdauer gewonnen wird, durch dessen Vergleich mit der vorgegebenen Mischdauer die Nachregelung der Mischerdrehzahl erfolgt.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln des Mischprozesses von Polymermassen oder Polymermassengemischen in einem Innenmischer, bei welchem die Parameter Masstemperatur, Mischerdrehzahl und Leistung des Mischermotors kontinuierlich gemessen werden und hieraus unter Vergleich mit einem vorgegebenen Sollwert die Mischerdrehzahl als Stellgröße nachgeregelt wird.

Innenmischer werden zur Aufbereitung von Elastomermischungen oder Polymer-Blends eingesetzt, wobei während des Mischprozesses im Innenmischer die vom Antriebsmotor des Mixers aufgebrauchte Leistung in Abhängigkeit von der Viskosität der Kunststoffmischung durch Materialscherung und Materialdehnung dissipiert wird. Um bei den nachfolgenden Verarbeitungsschritten eine Kunststoffmasse mit definierten Eigenschaften zur Verfügung zu haben, kommt es entscheidend darauf an, daß der Mischprozeß genau geregelt wird.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der DE-PS 30 35 353 bekannt. Bei diesem Verfahren werden die Prozeßparameter Masstemperatur, Mischerdrehzahl und Leistung des Mischermotors kontinuierlich gemessen. Dabei wird der Verlauf der Masstemperatur in Abhängigkeit von der der Kunststoffmasse zugeführten spezifischen Energie als Sollwert für die Regelung vorgegeben, wobei die Sollwert-Kurve experimentell an einer Basischarge mit den gewünschten Eigenschaften ermittelt wurde. Der Mischprozeß wird nun bei dem bekannten Verfahren so geregelt, daß eine möglichst gute Annäherung an den vorgegebenen Sollwert-Verlauf erreicht wird, indem die Drehzahl des Mischermotors nachgeregelt wird. Alternativ kann als Stellgröße auch der Stempeldruck der Beschickungseinrichtung des Mixers verwendet werden. Bei diesem bekannten Verfahren wird als entscheidendes Kriterium für die Qualität der Kunststoffmasse die spezifische Energiezufuhr angesehen, wobei als Regelgröße die Masstemperatur verwendet wird. Entsprechend ist bei diesem Verfahren die Mischdauer von Charge zu Charge unterschiedlich.

Ein anderes Verfahren zur Regelung des Mischvorganges in einem Innenmischer ist aus der EP-B1 01 72 726 bekannt. Bei diesem Verfahren wird mit einer festen Drehzahl des Mixers gearbeitet und im Verlaufe des Prozesses das Drehmoment mindestens zweimal gemessen, bzgl. eventueller Temperaturschwankungen korrigiert und aus der Änderungsrate des Drehmomentes die Zeit vorhergesagt, die zur Erreichung des für die gewünschte Viskosität erforderlichen Drehmomentes vorhergesagt ist. Bei diesem Verfahren wird also die Zeit bzw. die der Zeit proportionale Energie als Stellgröße verwendet. Auch bei diesem Verfahren ist die Zeitdauer, über die der Mischprozeß geführt wird bis die gewünschte Endviskosität erreicht ist, von Charge zu Charge unterschiedlich.

Demgegenüber liegt der Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterzuentwickeln, daß sich die am Prozeßende geforderte Viskosität der Polymermasse innerhalb einer von außen vorgebbaren Mischdauer einstellt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß zur Einstellung der am Prozeßende nach Ablauf einer vorgegebenen Mischdauer geforderten Viskosität der Polymermasse bzw. des Polymermassengemisches als

weitere Parameter der jeweilige Stempelweg am Mischereingang und mindestens eine die Knetergeometrie berücksichtigende Größe zur Ermittlung eines kontinuierlichen Vorgabewertes für die Leistung herangezogen werden, der jeweils zur Erzielung der geforderten Viskosität aufzubringen ist, und daß durch kontinuierlichen Vergleich des Vorgabewertes für die Leistung mit der jeweiligen Ist-Leistung ein Schätzwert für die voraussichtliche Mischdauer gewonnen wird, nach dessen Vergleich mit der vorgegebenen Mischdauer die Nachregelung Mischerdrehzahl erfolgt.

Maßgebliches Kriterium für den Mischvorgang ist die Viskosität am Prozeßende, die erfindungsgemäß nach Ablauf einer vorgegebenen Mischzeit erreicht wird, die beispielsweise als Meßwert aus einer Bezugsprobe herangezogen werden kann. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird unter Berücksichtigung der zusätzlich zu Masstemperatur, Mischerdrehzahl und Leistung des Mischermotors berücksichtigten Parameter Stempelweg und Knetergeometrie ein Vorgabewert für die Leistung ermittelt, welcher bei den jeweils aktuellen Prozeßparametern zum Erreichen der vorgegebenen Endviskosität aufgebracht werden müßte. Aus dem Vergleich dieses Vorgabewertes mit der zugehörigen aktuellen Ist-Leistung wird ein Schätzwert für die Zeit, die der Prozeß bis zum Erreichen der geforderten Endviskosität dauern müßte, berechnet und entsprechend dieser Abweichung kontinuierlich ein Stellwert für die Drehzahl ausgegeben. Wenn also der Schätzwert für die voraussichtliche Mischdauer niedriger ist als die festgelegte vorgegebene Mischdauer, ist die Drehzahl abzusinken. Entsprechend ist eine Erhöhung der Drehzahl erforderlich, wenn die geschätzte voraussichtliche Mischdauer größer ist als die vorgegebene Mischdauer.

Vorzugsweise werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als die die Knetergeometrie berücksichtigende Größe die Kneterrinnenabmessungen, der Füllgrad des Mixers bzw. die Füllgradverteilung verwendet. Da die Viskosität zum einen von der Temperatur im Mischer und zum anderen von Scher- bzw. Dehngeschwindigkeiten, die durch die Rotordrehzahl bestimmt werden, abhängig ist, hängt die die Viskosität beeinflussende dissipierte Leistung wesentlich auch vom Füllgrad der Kunststoffmasse in der Mischkammer und damit auch von der Füllgradverteilung ab.

Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß der Mischprozeß bereits vor Ablauf der vorgegebenen Mischdauer beendet wird, wenn der Vorgabewert für die zur Erzielung der am Prozeßende geforderten Viskosität mindestens gleich wird der Ist-Leistung. Wenn nämlich beispielsweise die Ausgangsmischung bereits eine niedrigere Viskosität aufweist oder in einem anderen Beispiel die Mischertemperatur höher ist als bei der Bezugscharge, würde eine Fortführung des Mischprozesses bis zum Ablauf der vorgegebenen Mischdauer zu einer Abweichung von der gewünschten Viskosität führen. Erfindungsgemäß wird daher der Mischprozeß bereits bei einer kürzeren Zeit als der vorgegebenen Mischdauer unterbrochen, wenn die kontinuierlich gemessenen Prozeßparameter zu einem Vorgabewert für die Leistung führen, der bereits mindestens so groß ist wie die zugehörige gemessene Ist-Leistung. Eine besonders genaue Regelung läßt sich erreichen, wenn die Ist-Leistung aus der tatsächlichen vom Mischermotor aufgenommenen Leistung unter Abzug von Motor- und Getriebeverlusten gewonnen wird.

Die Erfindung wird im folgenden anhand des in der Zeichnung dargestellten Flußdiagramms im einzelnen

erläutert.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient dazu, die Viskosität eines Polymergemisches oder einer Kautschukmischung oder auch einer Mischstufe, d. h. einer Masti- 5 kation unter Zugabe von Füllstoffen, Weichmachern und Vernetzungsschemikalien, innerhalb einer vorgebbaren Zeit, welche sich aus einer Bezugscharge mit optimalen Eigenschaften ergibt, einzustellen.

Der Innenmischer wird mit der Ausgangsmischung beaufschlagt, die über einen Zuführstempel zugegeben 10 wird. Nach Ablauf der vorgebbaren Prozeßdauer wird entweder der Mischvorgang völlig beendet und der anschließende Verfahrensschritt durchgeführt oder eine weitere Mischstufe nachgeschaltet.

Der Innenmischer verfügt bekanntermaßen über von 15 einem Motor und ein Getriebe angetriebene Rotoren, deren Drehzahl auf übliche Weise erfaßt wird. Daneben wird die dem Mischermotor zugeführte Leistung beispielsweise durch die Messung der Stromaufnahme bestimmt. Die im Innenmischer vorliegende Massetemperatur wird über ein Thermoelement erfaßt, welches im 20 Sattel oder in der Stirnwand des Innenmischers angeordnet sein kann. Zusätzlich ist zur Bestimmung des Stempelweges der Beschickungseinrichtung ein Wegaufnehmer vorgesehen, der beispielsweise als induktiver oder Ultraschall-Wegaufnehmer ausgeführt sein kann. 25

Vor Beginn der Mischung werden die die Geometrie des Mixers bestimmenden Größen, wie Innenabmessungen, sowie Füllgrad der Kunststoffmasse im Misch- 30 rinnenvolumen und örtliche Füllgradverteilung als feste Parameter vorgegeben.

Nach Beginn des Mischvorganges werden kontinuierlich die Mischerdrehzahl, die Massetemperatur und der jeweilige Stempelweg erfaßt und hieraus unter Zuhilfenahme eines Algorithmus ein Vorgabewert für die Mi- 35 scherleistung ermittelt. Der Algorithmus ist hierbei als eine Verknüpfungsroutine zu verstehen, mit der unter Berücksichtigung der geometrischen Gegebenheiten und der ebenfalls vorgegebenen Soll-Viskosität am Ende des Mischvorganges ein auf der Zuhilfenahme experi- 40 menteller Ergebnisse beruhender Rechenwert erzeugbar ist, der den durch die genannten Parameter beschreibbaren Mischvorgang präzise erfaßt.

Zeitlich korreliert mit der Online-Ermittlung der jeweiligen Vorgabeleistung wird die aufgenommene 45 Leistung erfaßt, die noch um die Motor- und Getriebeverluste korrigiert wird, so daß der Meßwert der tatsächlichen vom Mischgut aufgenommenen Leistung entspricht. Es wird nun zuerst untersucht, ob die Vorgabeleistung bereits gleich oder größer ist als die gemessene 50 Ist-Leistung. Ist dies der Fall, wird der Mischvorgang bzw. die Mischstufe unmittelbar beendet, da die gewünschte Endviskosität nach Aussage des vom Algorithmus berechneten Vorgabewertes bereits erreicht ist.

Liegt die ermittelte Vorgabeleistung noch unterhalb 55 der gemessenen Ist-Leistung, werden diese beiden Werte nach Abspeicherung miteinander verglichen und hieraus mittels eines weiteren Algorithmus ein Schätzwert angegeben für die Zeitdauer, die der Mischprozeß unter Berücksichtigung der Abweichung zwischen Vor- 60 gabeleistung und Ist-Leistung insgesamt benötigen würde, bis die gewünschte Endviskosität erreicht ist. Liegt dieser Schätzwert unterhalb der vorgegebenen Mischdauer, kann die Drehzahl abgesenkt werden, während die Drehzahl erhöht werden muß, wenn der Schätzwert 65 oberhalb der vorgegebenen Mischdauer liegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Mischprozesses von Polymermassen oder Polymermassengemischen in einem Innenmischer, bei welchem die Parameter Massetemperatur, Mischerdrehzahl und Leistung des Mischermotors kontinuierlich gemessen werden und hieraus unter Vergleich mit einem vorgegebenen Sollwert die Mischerdrehzahl als Stellgröße nachgeregelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der am Prozeßende nach Ablauf einer vorgegebenen Mischdauer geforderten Viskosität der Polymermasse bzw. des Polymermassengemisches als weitere Parameter der jeweilige Stempelweg am Mischereingang und mindestens eine die Knetergeometrie berücksichtigende Größe zur Ermittlung eines kontinuierlichen Vorgabewertes für die Leistung herangezogen werden, der jeweils zur Erzielung der geforderten Viskosität aufzubringen ist, und daß durch kontinuierlichen Vergleich des Vorgabewertes für die Leistung mit der jeweiligen Ist-Leistung ein Schätzwert für die voraussichtliche Mischdauer gewonnen wird, nach dessen Vergleich mit der vorgegebenen Mischdauer die Nachregelung der Mischerdrehzahl erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als die Knetergeometrie berücksichtigende Größen die Kneterrinnenabmessungen, der Füllgrad des Mixers bzw. die Füllgradverteilung im Mischer verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischprozeß bereits vor Ablauf der vorgegebenen Mischdauer beendet wird, wenn der Vorgabewert für die zur Erzielung der am Prozeßende geforderten Viskosität notwendigen Leistung mindestens gleich der Ist-Leistung wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ist-Leistung aus der vom Mischermotor aufgenommenen Leistung unter Abzug von Motor- und Getriebeverlusten gewonnen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

